

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-57381

(P2002-57381A)

(43)公開日 平成14年2月22日(2002.2.22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 L 21/203	S 5 F 1 0 3
// H 0 1 L 21/203		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数 8 書面 (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-275666(P2000-275666)

(22)出願日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(71)出願人 000173795

財団法人電気磁気材料研究所

宮城県仙台市太白区八木山南2丁目1-1

(72)発明者 小林 伸聖

宮城県名取市ゆりが丘5丁目12番10号

(72)発明者 大沼 繁弘

宮城県仙台市太白区人來田1丁目27番27号

(72)発明者 増本 健

宮城県仙台市青葉区上杉3丁目8番22号

Fターム(参考) 2G017 AD55 AD63 AD65

5D034 BA02 BA15 CA04

5F103 AA08 BB22 DD27 DD30 GG01

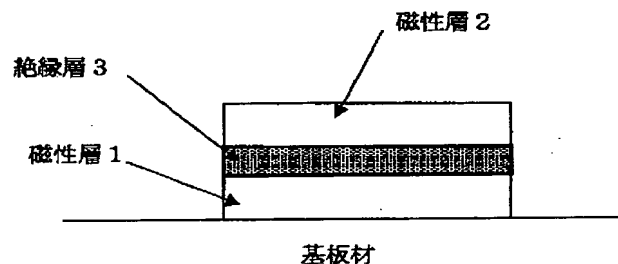
HH04 LL20

(54)【発明の名称】 トンネル接合膜

(57)【要約】

【課題】本発明は、欠陥が少なく、且つ安定で薄いトンネル絶縁層を有するトンネル接合膜を提供することを目的とする。

【解決手段】 上部磁性層と下部磁性層とそれに挟まれた絶縁層からなり、トンネル型の磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜において、絶縁層が $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ 、 $\text{BaF}_2$ のフッ化物絶縁体からなり、且つ結晶相であることを特徴とするトンネル接合膜。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】上部磁性層と下部磁性層と、それらに挟まれた絶縁層とからなるトンネル型の磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜において、該絶縁層がフッ化物絶縁体からなり、且つ結晶相であることを特徴とするトンネル接合膜。

【請求項2】絶縁層が、 $MgF_2$ 、 $CaF_2$ 、 $SrF_2$ 、 $BaF_2$ のフッ化物絶縁体からなることを特徴とする請求項1に記載のトンネル接合膜。

【請求項3】上部磁性層および下部磁性層が、 $Fe$ 、 $Co$ 、 $Ni$ またはそれらの合金からなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のトンネル接合膜。

【請求項4】上部磁性層および下部磁性層が、マグネタイト、二酸化クロム、 $NiMnSb$ 、 $PtMnSb$ および $(LaSr)MnO_3$ のハーフメタルからなることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のトンネル接合膜。

【請求項5】下部磁性層、絶縁層および上部磁性層が格子整合し、全体がエピタキシャル成長したことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のトンネル接合膜。

【請求項6】請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気センサ。

【請求項7】請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項8】請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気メモリ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高感度磁気センサ、高密度磁気記録用磁気ヘッドまたは高速大容量の磁気メモリに用いられる、トンネル型の磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、情報の大容量・高速化に伴い、磁気記録の分野においても、さらなる記録密度の高密度化が求められている。また、半導体メモリにおいても、高容量化はもちろんのこと、高速化の要求も非常に強い。磁気トンネル接合膜は、磁気ヘッド等の磁気センサまたは磁気メモリ(MRAM)への応用によって、上記の要請に対応できる新素子として注目され、基礎および応用の両面から盛んに研究されている。トンネル接合膜は、2つの強磁性体電極とそれに挟まれた薄い絶縁層を含む素子である。絶縁層はトンネルバリアを形成し、その厚さは電子の量子力学的トンネル効果が起こりうるのに十分なほど薄く、絶縁層を通過するトンネル電子の伝導率が、2つの強磁性体電極の磁気モーメントの相対的向きによって変化し、トンネル型の磁気抵抗効果を示す。トンネル接合膜を磁気ヘッドなどの素子に用いる際には、磁界の変化によって効率よく磁気抵抗(MR)変

化を起こさせるために、強磁性電極の磁気特性を制御したり、硬磁性体や反強磁性体によって、一方の強磁性体電極のスピンを固定するなどの工夫がなされている。

【0003】これらのトンネル接合膜では、絶縁層材料として $Al_2O_3$ 等の酸化物が用いられている。大きなMR変化を得るためには、ピンホール等の欠陥が無く極めて平坦な良質な絶縁層の作製が必要である。ところが、従来絶縁層に用いられている $Al_2O_3$ 等の酸化物は、アモルファス構造であるため欠陥が入りやすく、良質な絶縁層の形成が困難なので、技術的に良質な絶縁層の作製が重要となっている。

【0004】トンネル接合膜はその構造上、電気抵抗が非常に大きい。また、微細化によって接合面積が小さくなるため、素子の電気抵抗が増大する。磁気ヘッドやMRAMとして用いることを考えると、電気抵抗が大きいとノイズが増大する等の問題が発生するため、適当な値、好ましくは $10k\Omega$ 以下に設定することが必要である。適当な電気抵抗のトンネル接合膜を得るためには、絶縁層を薄くする必要がある。しかし、欠陥が無く良質で薄い絶縁層を形成することは技術的に非常に困難である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】これまでにトンネル接合膜に用いられている $Al_2O_3$ 等の絶縁層はアモルファス構造であるため、ピンホール等の欠陥が入りやすく、良質な絶縁層の作製が困難である。また、素子の電気抵抗を下げるために、絶縁層を薄く形成することが非常に難しい。本発明は、上記の事情を鑑みてなされたもので、良質で薄い絶縁層を容易に得ることを目標とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の事情を鑑みて鋭意努力した結果なされたものである。 $MgF_2$ 、 $CaF_2$ 、 $SrF_2$ 、 $BaF_2$ 等のフッ化物は、 $Al_2O_3$ 等の酸化物と同様に絶縁体である。また、スパッタ法や真空蒸着法等の成膜法によって、結晶構造の薄い膜が得られることが明らかになった。このように、トンネル接合膜の絶縁層にフッ化物を用いることによって、欠陥の少ない良質なトンネルバリアが形成される。

【0007】上部磁性層および下部磁性層には、強磁性金属である $Fe$ 、 $Co$ 、 $Ni$ およびそれらの合金が用いられる。一方、トンネル接合膜では、絶縁層を挟む磁性体電極のスピン分極率(P)が大きい場合に大きなMRが得られることが知られている。大きなPを有する磁性体として、マグネタイト、二酸化クロム、 $NiMnSb$ 、 $PtMnSb$ 、および $(LaSr)MnO_3$ 等のハーフメタルが知られている。これらのハーフメタルは、全体がほぼエピタキシャルに近い場合に大きなPを示す。しかし、絶縁層がアモルファスである場合は、その上に磁性体電極をエピタキシャル成長させることは困難

である。ところが絶縁層が結晶相であれば、これと格子整合するハーフメタルをエピタキシャル成長させることは容易である。また結晶相の $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ 、 $\text{BaF}_2$ 以外にも絶縁性を示す結晶相のフッ化物は非常に多く知られており、上部磁性層および下部磁性層に用いる強磁性電極材料と格子整合するこれらのフッ化物を絶縁層に用いることによって、全体がエピタキシャルに成長し大きなMR比を示すトンネル接合膜が得られる。

【0008】本発明の特徴とするところは次の通りである。第1発明は、上部磁性層と下部磁性層とそれに挟まれた絶縁層からなり、トンネル型の磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜において、絶縁層がフッ化物絶縁体からなり、且つ結晶相であることを特徴とするトンネル接合膜に関する。

【0009】第2発明は、絶縁層が $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ 、 $\text{BaF}_2$ のフッ化物絶縁体からなることを特徴とする請求項1に記載のトンネル接合膜に関する。

【0010】第3発明は、上部磁性層および下部磁性層が $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ またはそれらの合金からなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のトンネル接合膜に関する。

【0011】第4発明は、上部磁性層および下部磁性層が、マグネタイト、二酸化クロム、 $\text{NiMnSb}$ 、 $\text{PtMnSb}$ および $(\text{LaSr})\text{MnO}_3$ のハーフメタルからなることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のトンネル接合膜に関する。

【0012】第5発明は、下部磁性層、絶縁層および上部磁性層が格子整合し、全体がエピタキシャル成長したことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のトンネル接合膜に関する。

【0013】第6発明は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気センサに関する。

【0014】第7発明は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気記録用磁気ヘッドに関する。

【0015】第8発明は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のトンネル接合膜からなる磁気メモリに関する。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】次に、本発明を適用したトンネル接合膜の実施例として、図面を参照しながら説明する。

【0017】トンネル接合膜は、図1に示すように、基本的には、一対の磁性層1、2を、非常に薄い絶縁層3を介し接合してなるものである。

【0018】本例では、基板材の上に下部磁性層1、強磁性トンネル接合のための絶縁層3、上部磁性層2が順次形成されている。

【0019】上記の上部磁性層1および下部磁性層2は、磁性体、例えば $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ またはそれらの合金により形成されている。また、絶縁層3は、フッ化物絶縁体、例えば $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ 、または $\text{BaF}_2$ で形成されており、その厚さは、トンネル電流が流れることが可能な厚さ(数nm)である。

【0020】上述構成のトンネル接合膜の磁性層1、2および絶縁層3は、スパッタ法によって作製した。以下に製造方法の詳細を説明する。

【0021】成膜には、複数のターゲットを用いて同時に成膜が可能な、RF多元スパッタ装置を用いた。スパッタは、純 $\text{Ar}$ ガスを用い、基板にはコーニング#7059ガラスを用いた。ターゲットは、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Fe-Co}$ 合金、 $\text{Fe-Ni}$ 合金、マグネタイト、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ 、および $\text{BaF}_2$ 円板を用いた。

【0022】始めに、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Fe-Co}$ 合金、 $\text{Fe-Ni}$ 合金、あるいはマグネタイトターゲット直上に基板を固定し、下部磁性層2を作製した。その後、基板ホルダーを回転させ、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SrF}_2$ あるいは $\text{BaF}_2$ ターゲット直上に基板を固定して、絶縁層3を作製し、再び $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Fe-Co}$ 合金、 $\text{Fe-Ni}$ 合金、あるいはマグネタイトターゲット直上に基板を移動させて固定して上部磁性層1を作製した。それぞれの層の作製は、同一チャンバー内で連続して行った。

【0023】以上によって、図1に示す構成のトンネル接合膜が作製される。

【0024】図2は、 $\text{Fe-Co}$ 合金からなる下部磁性層2上に、 $\text{MgF}_2$ からなる絶縁層3を作製し、上部磁性層1を作製する前の状態で、X-ray回折法によって絶縁層3の構造を評価した結果である。 $\text{MgF}_2$ からの鋭い回折線が観察され、絶縁層3が結晶相であることが分かる。

【0025】本発明のトンネル接合膜において得られた磁界-抵抗変化の一例として、下部磁性層2および上部磁性層1が $\text{Fe}$ からなり、絶縁層3が $\text{MgF}_2$ からなるトンネル接合膜のMR曲線を図3に示す。磁界の変化に対して3.8%の磁気抵抗変化が得られており、磁気トンネリング効果が観測された。

【0026】表1には、本発明の代表的なトンネル接合膜の特性を示した。

#### 【0027】

#### 【表1】

サンプル No.	下部磁性層 1	絶縁層 3 (膜厚)	上部磁性層 2	MR 比
3	Fe	MgF <sub>2</sub> (0.9nm)	Fe	3.8%
10	Fe <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	MgF <sub>2</sub> (0.9nm)	Fe	4.5%
18	Fe <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	CaF <sub>2</sub> (1.2nm)	Fe	3.1%
25	Fe <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	BaF <sub>2</sub> (1.8nm)	Fe <sub>60</sub> Ni <sub>40</sub>	3.2%
33	Fe <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	BaF <sub>2</sub> (1.8nm)	Co	3.0%
51	Fe <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	SrF <sub>2</sub> (1.5nm)	Ni	2.8%
99	マグネタイト	MgF <sub>2</sub> (1.0nm)	Fe	7.2%

## 【0028】

【発明の効果】本発明のトンネル接合膜は、絶縁層を薄い結晶相のフッ化物とすることにより、欠陥の少ない良質なトンネルバリアが形成される。これによって、特性の安定性、特性の向上が達成され、磁気ヘッド、磁気センサまたは磁気メモリ等への応用に好適であり、本発明の工業的意義は大きい。

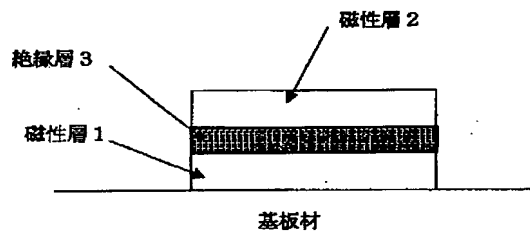
## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したトンネル接合膜の構成例を示す断面図である。

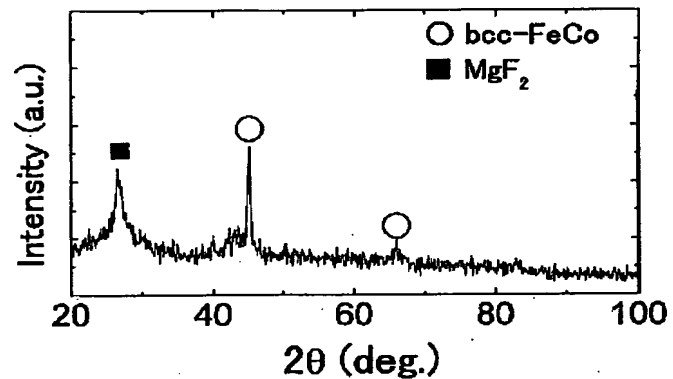
【図2】Fe-Co磁性層上に作製したMgF<sub>2</sub>絶縁層の構造を示すX線回折図形である。

【図3】本発明のトンネル接合膜の磁気抵抗曲線の一例を示す特性図である。

【図1】



【図2】



【図3】

